

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局



(43) 国際公開日  
2005 年 7 月 21 日 (21.07.2005)

PCT

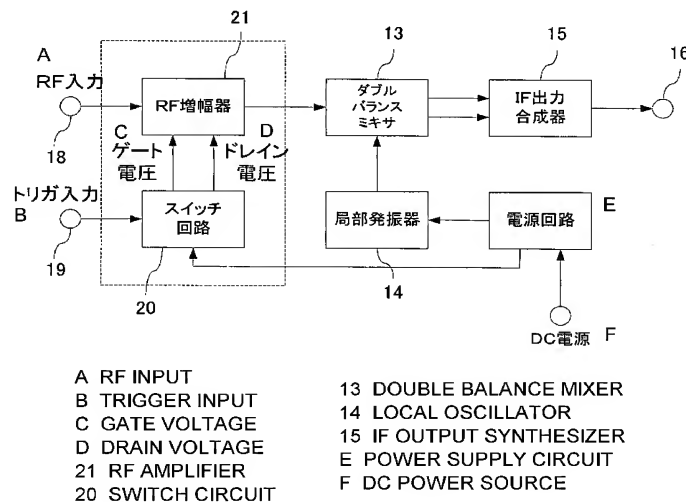
(10) 国際公開番号  
WO 2005/067156 A2

- (51) 国際特許分類: H04B 1/26 (72) 発明者; および  
(21) 国際出願番号: PCT/JP2004/019497 (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 船江 明生 (FUNAE, Akio) [JP/JP]; 〒6628580 兵庫県西宮市芦原町 9 番 5 2 号 古野電気株式会社内 Hyogo (JP). 大 浩 司 (DAI, Koji) [JP/JP]; 〒6628580 兵庫県西宮市芦原町 9 番 5 2 号 古野電気株式会社内 Hyogo (JP). 鳥塚 英樹 (TORIZUKA, Hideki) [JP/JP]; 〒2160006 神奈川県川崎市宮前区宮前平 1 丁目 7 番 5 号 プラムフィールド 4 F 株式会社エクサ・テクノロジー内 Kanagawa (JP).  
(22) 国際出願日: 2004 年 12 月 20 日 (20.12.2004)  
(25) 国際出願の言語: 日本語  
(26) 国際公開の言語: 日本語  
(30) 優先権データ: 特 願 2003-434888  
2003 年 12 月 26 日 (26.12.2003) JP  
(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 古野電気株式会社 (FURUNO ELECTRIC CO., LTD.) [JP/JP]; 〒6628580 兵庫県西宮市芦原町 9 番 5 2 号 Hyogo (JP).  
(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU,

[続葉有]

(54) Title: MICROWAVE FREQUENCY CONVERTER

(54) 発明の名称: マイクロ波周波数変換器



(57) Abstract: There is provided a radar reception microwave frequency converter capable of preventing interference on the oscillation frequency of the local magnetron by the local transmitter frequency of the microwave frequency converter and enabling reception up to a short distance. Voltage of an RF amplifier connected to the microwave frequency converter is synchronized with the oscillation output of the local magnetron and the voltages of the gate and the drain of the FET used in the RF amplifier are simultaneously turned OFF only during the time before and after the oscillation of the magnetron, thereby converting the amplification function of the FET to the attenuation function and increasing the conversion loss of the microwave frequency converter, which in turn attenuates the RF signal as an excessive power directly inputted from the magnetron and the RF signal as an excessive power reflected at a short distance. Thus, it is possible to prevent saturation of the microwave frequency converter and prevent interference on the local magnetron oscillation frequency by the frequency of the local transmitter.

(57) 要約: マイクロ波周波数変換器の局部発信器周波数が自機マグネトロンが発振周波数に干渉するのを防ぐと共に、ごく近距離まで受信を可能にしたレーダ受信機用マイクロ波周波数変換器を提供する。マイクロ波周波数変換器に接続されたRF増幅器の電圧を自機マグネトロンの発振出力と同期させて、マグネトロンが発振している前後の時間だけ、

[続葉有]



ID, IL, IN, IS, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

IE, IS, IT, LT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR),  
OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML,  
MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告書なし ; 報告書を受け取り次第公開される。

(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU,

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

RF増幅器に使用しているFETのゲートとドレインの各々の電圧を同時にOFFすることにより、FETの増幅機能を減衰機能に変換し、マイクロ波周波数変換器の変換損失を増加させることによって、マグネトロンから直接入力する過大な電力のRF信号と近距離にて反射してきた過大な電力のRF信号を減衰させて、マイクロ波周波数変換器が飽和するのを防ぐと共に、局部発信器の周波数が自機マグネトロンの発振周波数に干渉するのを防止する。

## 明 細 書

## マイクロ波周波数変換器

## 技術分野

- 5      本発明は、レーダ受信機に用いるマイクロ波周波数変換器に関する。

## 背景技術

- パルスレーダの一般的な構成を図6に示す。このパルスレーダは、マグネトロン  
1から発振周波数が例えば9.41GHzのパルス信号（例えばパルス幅1 $\mu$ s、  
10      出力10kW）を出力し、サーキュレータ2を介してアンテナ3から空中に放射し、  
物体にて反射した信号を再びアンテナ3で受け、リミッタ4に導く。リミッタ4を  
介して周波数変換器5に入力した信号は、局部発振器6の出力（局発信号）、例え  
ば9.47GHzと混合し、例えば60MHzの中間周波数（IF信号）に変換す  
る。変換したIF信号はIF増幅器7にて増幅し、信号処理回路8にてビデオ信号  
15      に変換して、レーダ表示装置（PPI）にて画像を表示する。なお、リミッタ4は  
大きな信号が入力することによって周波数変換器5が破損するのを防ぐために用い  
るもので、近年では、マイクロ波集積回路（MIC）を用いて周波数変換器5と一  
体になっているものが主流となっている。

- 図6に示すようなパルスレーダに用いられるマイクロ波周波数変換器の従来の回  
20      路構成を図7に示す。この従来のマイクロ波周波数変換器は、MICリミッタ10  
の入力端子11に入力したパルス変調したマイクロ波信号（RF信号）をRF増幅  
器12で増幅し、ダブルバランスミキサ13に入れ、局部発振器14の信号（局発  
信号）と混合し、2つのIF出力をIF出力合成器15で合成し、IF出力端子1  
6に合成出力を得るものである（特許文献1参照）。

- 25      【特許文献1】 特開2001-111447号公報

ところでアンテナから発射したレーダパルス信号は、反射物体が遠いほど小さな  
信号となって受信され、反射物体が近いほど大きな信号として受信され、また、反

射物体が小さいほど小さな信号として受信され、反射物体が大きいほど大きな信号として受信される。上述したような従来のマイクロ波周波数変換器には、次に示す様な欠点がある。図8の(A)は、RF増幅器付きの周波数変換器のRF入力電力に対するIF出力電力を示す。また、図8の(B)には、RF増幅器無しの周波数変換器のRF入力電力に対するIF出力電力を示す。すなわち、RF増幅器付き周波数変換器図8の(A)は、RF増幅器によって信号を増幅しているため、遠くまたは小さい反射物体の検出をするのに適しているが、図8の(A)に示すように、RF信号が例えば-5 dBmの段階で飽和が始まり、近くまたは大きな反射物体で反射して来た-5 dBm以上の信号に対しては、飽和してしまうため、検出できない。すなわち、近距離は受信できない。

これに対し、RF増幅器無しの周波数変換器は、図8の(B)に示すように、+3 dBmまでの入力に対して飽和せずに検出が可能である。

ただし、RF増幅器無しの周波数変換器は、信号を増幅していないため、遠くまたは小さい反射物体の検出をするのには適していない。

ところが近年のレーダでは、船同士または船と固定物との衝突防止が主目的となりつつあり、現状よりもさらに近くの反射物体の検出が可能な性能が望まれている。もちろん、従来から持っているレーダの性能として遠くまたは小さい反射物体を検出する性能も必要不可欠である。すなわち、遠距離から従来品よりもさらに近距離まで受信可能なレーダが望まれるようになってきている。

また、パルスレーダは、マグネトロン1から発振周波数が例えば9.41 GHzのパルス信号（例えばパルス幅1  $\mu$ s、出力10 kW）を出力しているため、サーキュレータ2を介していても直接リミッタ4側に漏れてくる過大な電力が周波数変換器5に入力する。

この過大な電力によって周波数変換器5に用いられている局部発振器6の発振周波数が変化してしまい、例えば60 MHzの中間周波数（IF信号）が変化する。中間周波数（IF信号）が変化すると中間周波増幅器の増幅度が変化してしまい、極端な場合には、受信感度が悪くなるので、局部発振器6の発振周波数は変化しな

いことが望まれている。

上記、図 8 の (A)、(B) の両方を兼ね備えた特性を持った従来のマイクロ波周波数変換器として図 9 に示すものがある。

すなわち、従来の RF 増幅器 12 の前段に PIN スイッチ 17 を設けたものである。  
5     PIN スイッチ 17 は、トリガ入力によって RF 入力を ON-OFF する。

自機のマグネトロンから直接入力する過大な RF 信号が RF 増幅器 12 に印加する前にトリガ入力によって PIN スイッチ 17 を ON し、また、近距離からの過大な反射信号が RF 増幅器 12 に入らなくなるまで継続し、RF 増幅器 12 に入力する RF 信号が RF 増幅器 12 の飽和入力以下になったら PIN スイッチ 17 を OFF  
10     F し通常のマイクロ波周波数変換器に戻すものである。

しかし、PIN スイッチ 17 は OFF 状態でも挿入損失が 1 dB 程度残存してしまうため、PIN スイッチ 17 がない従来のマイクロ波周波数変換器に比べて、遠くまたは小さい反射物体の検出をするのに適さない。また、PIN ダイオード 1 段で構成した PIN スイッチ 17 の減衰量は約 15 dB 程度であり、極近距離からの  
15     過大な反射信号に対しては減衰量が不足である。また、減衰量を増やすために PIN ダイオードを 2 段にするとさらに残存する挿入損失が増加してしまう欠点がある。

本発明は上記従来の問題点を解消する為、従来の RF 増幅器付きのマイクロ波周波数変換器と同一の性能を持って遠距離または小さい物体からの反射を受信することができ、PIN スイッチによる ON-OFF よりもさらにごく近距離まで受信可能で、その上マグネトロン 1 からの直接の電力によって局部発振器 6 の発振周波数が変化しないマイクロ波周波数変換器を提供しようとするものである。  
20     

#### 発明の開示

本発明のマイクロ波周波数変換器のうち請求項 1 に係るものは、上記目的を達成するために、ゲインを増幅状態から減衰状態の範囲で任意の値に切り替えることが可能な RF 増幅器と、該 RF 増幅器にゲイン制御電圧を印加するスイッチ回路とを含み、前記スイッチ回路は、送信部が発振している時間およびその前後の時間を  
25

含む期間のみ R F 増幅器のゲインを減衰状態にし、それ以外の期間では増幅状態にするように、前記 R F 増幅器に印加するゲイン制御電圧を制御することを特徴とする。

- また本発明のマイクロ波周波数変換器のうち請求項 2 に係るものは、上記目的
- 5      を達成するために、スイッチ回路は、前記ゲイン制御電圧を連続的に変化させることで、R F 増幅器のゲインを、増幅状態の所定のゲイン値から減衰状態の所定のゲイン値、または減衰状態の所定のゲイン値から増幅状態の所定のゲイン値に、連続的に切り替えることを特徴とする。

- また本発明のマイクロ波周波数変換器のうち請求項 3 に係るものは、上記目的
- 10      を達成するために、スイッチ回路は、前記ゲイン制御電圧を瞬時に変化させることで、R F 増幅器のゲインを、増幅状態の所定のゲイン値から減衰状態の所定のゲイン値、または減衰状態の所定のゲイン値から増幅状態の所定のゲイン値に、瞬時に切り替えることを特徴とする。

- また本発明のマイクロ波周波数変換器のうち請求項 4 に係るものは、上記目的
- 15      を達成するために、R F 増幅器は、ゲートに負電圧、ドレインに正電圧を印加して動作する F E T 素子または H E M T 素子を用い、前記スイッチ回路は、前記素子のゲートおよびドレインに印加されるゲート電圧とドレイン電圧を同時に O N / O F F し、O N にしたときには R F 増幅器のゲインを減衰状態にし、O F F にしたときには R F 増幅器のゲインを増幅状態にするように切り替えることを特徴とする。

- 20      以上の構成により、従来の R F 増幅器付きのマイクロ波周波数変換器と同一の性能を持って遠距離または小さい物体からの反射を受信することができ、さらにごく近距離まで受信可能で、その上マグネトロンからの直接の電力によって局部発振器の発振周波数が変化しないマイクロ波周波数変換器を提供することが可能になる。

- 本発明のマイクロ波周波数変換器は、従来のマイクロ波周波数変換器に比べて近
- 25      距離から反射してきた信号を飽和することなく受信でき、したがって遠距離から、近年の船舶レーダの主な使用目的である船舶同士または固定物などとの衝突防止に関して非常に重要な機能であるごく近距離までの目標物体の認識が可能となる。

### 図面の簡単な説明

図 1 は、本発明に係るマイクロ波周波数変換器の一実施形態の回路構成を示すブロック回路図である。

図 2 は、本発明に係るマイクロ波周波数変換器のタイミングチャートである。

5 図 3 は、本発明のマイクロ波周波数変換器について、トリガ電圧を ON-OFF した時の RF 入力電力に対する IF 出力電力の実測結果である。

図 4 は、本発明のマイクロ波周波数変換器に使用するスイッチ回路 20 の一実施例である。

10 図 5 は、本発明に係るマイクロ波周波数変換器のトリガ電圧に対するゲインの実測値である。

図 6 は、従来のパルスレーダの構成を示すブロック回路図である。

図 7 は、従来のマイクロ波周波数変換器の回路構成を示すブロック回路図である。

図 8 の (A) は従来の RF 増幅器有り、(B) は従来の RF 増幅器無しのマイクロ波周波数変換器の入出力特性を示すグラフである。

15 図 9 は、従来のマイクロ波周波数変換器の構成を示すブロック回路図である。

### 発明を実施するための最良の形態

以下本発明の実施の形態について図面を参照して説明する。

20 図 1 は、本発明に係るマイクロ波周波数変換器の回路構成図である。本実施形態のマイクロ波周波数変換器は、外部からマグネトロン出力に同期し、マグネトロンが出力する時間を含むトリガ電圧を必要とし、トリガ電圧がスイッチ回路 20 に入力すると、その入力に応じて、ゲイン制御電圧を制御する構成である。

19 は、トリガ電圧を入力する入力端子、20 はスイッチ回路であり、トリガ入力端子 19 から入力されるトリガ信号により動作し、電源回路から供給されるゲイン制御電圧を制御する。21 はパルス変調したマイクロ波信号 (RF 信号) を増幅する RF 増幅器であり、その電源はスイッチ回路 20 により制御される。14 は局部発振器であり、電源回路により駆動され、局発信号を発振する。13 はダブルバ

ランスミキサであり、前述の局発信号と、RF増幅器12で増幅されたマイクロ波信号（RF信号）を混合する。そこで混合され出力される2つのIF出力を合成するのが15のIF出力合成器であり、IF出力端子16に合成出力を得る。

図1に従って本実施形態の動作原理を説明する。本実施形態のマイクロ波周波数  
5 変換器は、MICリミッタを除いて記載してある。マグネトロンから直接のパルス変調されたマイクロ波信号（RF信号）が入力端子18に入力する直前にトリガ（パルス）電圧をトリガ入力端子19に印加する。トリガ電圧によってスイッチ回路20を動作させ電源回路から供給されるゲイン制御電圧、すなわちゲート電圧とドレイン電圧を同時に0Vにすることにより、RF増幅器21の電圧を遮断する。この  
10 ことにより、RF増幅器21に使用しているFETはミキサ13の前段に一種の抵抗減衰器が接続されたと同じ特性を示す。すなわち、図8の（B）のRF増幅器無しの周波数変換器の前段に減衰器が接続されRF増幅器無しの図8の（B）の入出力特性より10数dB減衰した入出力特性を示すことになる。

一回のトリガに対してFETへのバイアスをゼロにしている時間は、レーダによ  
15 って異なるが、RF信号が終わってから数 $\mu$ sから数10 $\mu$ sの間ゼロバイアスに保持され、その後通常電圧に復帰する。

図2に本発明のマイクロ波周波数変換器のタイミングチャートを示す。なお、同図のドレインおよびゲート電圧が、前述のゲイン制御電圧に相当する。

マグネトロンが発振する前にトリガ入力を印加し、ゲイン制御電圧、すなわちド  
20 レインおよびゲート電圧を0Vにしておくことにより、過大なRF信号はマイクロ波周波数変換器の内部では、10数dB減衰していて、局部発信器の周波数に影響しない程度に小さくすることが出来る。

RF信号がレーダアンテナから放射され、電波の反射物体で反射する前にRF入  
力終了するがRF信号が終了して直ぐに反射して戻ってくる信号は、極近距離か  
25 らのものであり、従来のマイクロ波周波数変換器は飽和してしまうが、本発明のマイクロ波周波数変換器は、その間トリガによってONしており、トリガ入力ONの間はゲイン制御電圧、すなわちゲート電圧、ドレイン電圧の両方が0Vとなって



いるため過大な反射信号でも飽和しない。

図 3 に、本発明のマイクロ波周波数変換器について、トリガ電圧を ON-OFF した時（そのトリガ入力を受けたスイッチ回路 20 が、ゲイン制御電圧を瞬時に変化させた時）の RF 入力電力に対する IF 出力電力の実測結果を示す。

- 5 図 3 に示す通り、トリガが OFF の時は、ドレインおよびゲート電圧が共に ON であり、ゲインが約 +6 dB で 1 dB 圧縮時入力電力は約 -2 dBm であるのに対し、トリガを ON すると、ドレインおよびゲート電圧が共に OFF であり、ゲインは約 -25 dB で 1 dB 圧縮時入力電力は +20 dBm を超えている。トリガが OFF の時の出力の飽和現象は、マイクロ波周波数変換器に使用しているミキサによるものである。したがってトリガを ON した時の飽和もミキサによって飽和するので、IF 出力の飽和値はトリガの ON-OFF、すなわちドレインおよびゲート電圧の ON-OFF によって差は生じない。
- 10

このため、トリガが ON の時の IF 出力値は、トリガが OFF の時の IF 出力値と一致するまで飽和することはなく、過大な反射信号を受信することができる。

- 15 FET を用いた RF 増幅器の 9.41 GHz における一般的な増幅度は約 12 dB であるに対し RF 増幅器の電源を 0 V にした時の減衰量は約 20 dB であるので、その差が図 3 に表現されている。

図 1 に示したスイッチ回路 20 の一実施例を図 4 に示す。

RF 増幅器に使用する FET 25 のバイアス制御回路にオペアンプ 26 を用いる。

- 20 オペアンプ 26 のバイアスとして +5 V と -5 V を用い各々の端子に R1、R2、R3、R4 の抵抗を接続し、トリガ入力電圧が +5 V の時 FET 25 のドレインに約 10 mA の電流が流れる様に R2 の抵抗を接続する。

- その時 FET 25 のゲート電圧は約 0.4 V である。この値は使用する FET 25 の性能によって異なるので、RF 増幅器の NF（雑音指数）が最小になるようにドレイン電流を選ぶことが望ましい。
- 25

このバイアス条件においてトリガ入力を 0 V にすると、ゲイン制御電圧、すなわち FET 25 のドレインとゲートの電圧が同時に 0 V になり本発明の効果を発揮す

る。

つまり、図4のトリガ電圧が+5Vの時、図3のトリガOFFの特性を示し、図4のトリガ電圧が0Vの時、図3のトリガONの特性を示す。図4のトリガ電圧が+5Vの時図3のトリガONの特性を示し、図4のトリガ電圧が0Vの時図3のトリガOFFの特性を示す様にするためには、トリガ入力の前に反転回路を接続すればよい。

この条件を満足させれば、従来のPINダイオードのバイアス極性と一致するので従来の周波数変換器と互換性が生まれ、他の周辺回路を変更することなく、本発明の周波数変換器を採用することが出来るという利点も生まれる。

10 図4に示したスイッチ回路20は、本発明の周波数変換器に使用する回路の一実施例であり、他の回路構成であっても本発明の条件は満足する。

なお、これまでは図4に示したスイッチ回路20のトリガ電圧をON-OFFすることで、スイッチ回路20がゲイン制御電圧を瞬時に切り替える例を挙げてきたが、同トリガ電圧を徐々に可変することで、スイッチ回路20がゲイン制御電圧を連続的に切り替える場合には、図3のトリガONとトリガOFFの間の連続した特性も得られる。

図5は、本発明の周波数変換器に-10dBm一定のRF入力電力を入力し、図4の回路のトリガ電圧を0Vから5Vまで連続的に変化させた（スイッチ回路20がゲイン制御電圧を連続的に切り替える）時のゲインの実測値である。

20 本バイアス制御回路は、トリガ入力の前に反転回路を接続した時の特性例である。

トリガ電圧が0Vの時のゲインは-21dB、トリガ電圧が5Vの時のゲインは+6dBであり、ダイナミックレンジは、27dBである。従来のPINスイッチのダイナミックレンジ15dBに対して格段広い特性が得られる。

25 産業上の利用可能性

本発明は、レーダ受信機に用いるマイクロ波周波数変換器に利用可能である。

## 請 求 の 範 囲

1. ゲインを増幅状態から減衰状態の範囲で任意の値に切り替えることが可能な  
5 RF増幅器と、該RF増幅器にゲイン制御電圧を印加するスイッチ回路とを含み、  
前記スイッチ回路は、送信部が発振している時間およびその前後の時間を含む期間  
のみRF増幅器のゲインを減衰状態にし、それ以外の期間では増幅状態にするよう  
に、前記RF増幅器に印加するゲイン制御電圧を制御することを特徴とするマイク  
ロ波周波数変換器。
- 10
2. 前記スイッチ回路は、前記ゲイン制御電圧を連続的に変化させることで、R  
F増幅器のゲインを、増幅状態の所定のゲイン値から減衰状態の所定のゲイン値、  
または減衰状態の所定のゲイン値から増幅状態の所定のゲイン値に、連続的に切り  
替えることを特徴とする請求項1記載のマイクロ波周波数変換器。
- 15
3. 前記スイッチ回路は、前記ゲイン制御電圧を瞬時に変化させることで、RF  
増幅器のゲインを、増幅状態の所定のゲイン値から減衰状態の所定のゲイン値、ま  
たは減衰状態の所定のゲイン値から増幅状態の所定のゲイン値に、瞬時に切り替え  
ることを特徴とする請求項1記載のマイクロ波周波数変換器。
- 20
4. 前記RF増幅器は、ゲートに負電圧、ドレインに正電圧を印加して動作する  
FET素子またはHEMT素子を用い、前記スイッチ回路は、前記素子のゲートお  
よびドレインに印加されるゲート電圧とドレイン電圧を同時にON/OFFし、O  
NにしたときにはRF増幅器のゲインを減衰状態にし、OFFにしたときにはRF  
25 増幅器のゲインを増幅状態にするように切り替えることを特徴とする請求項3記載  
のマイクロ波周波数変換器。

図1

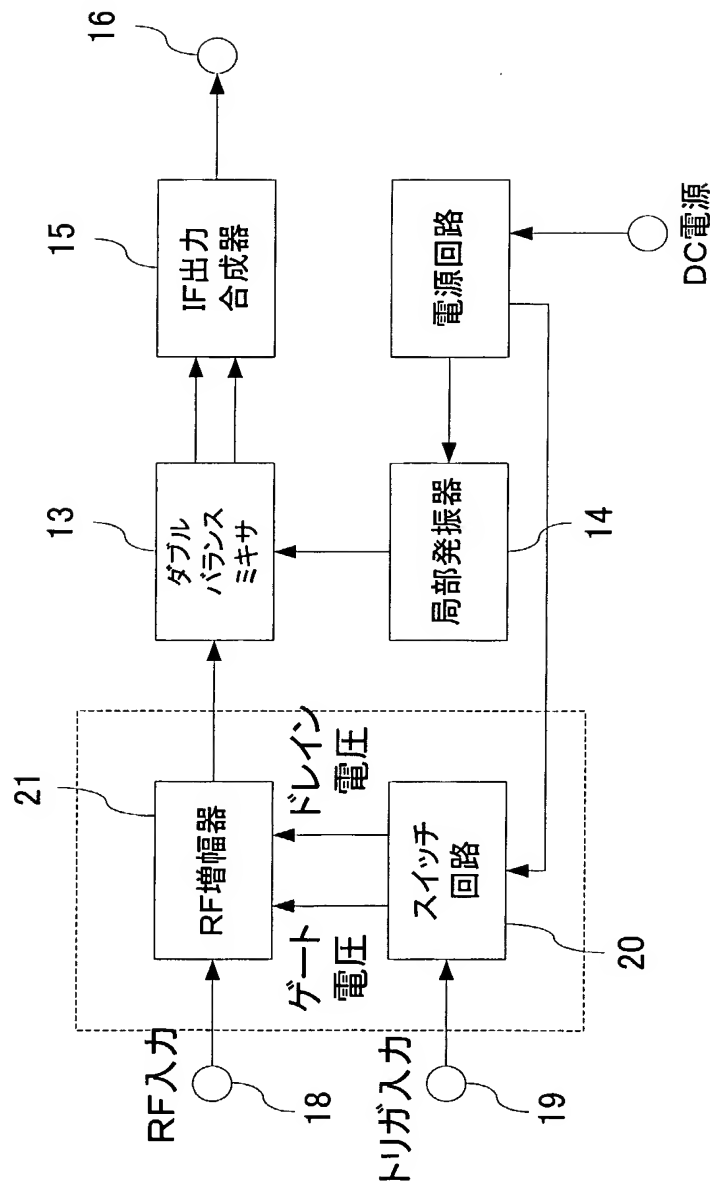
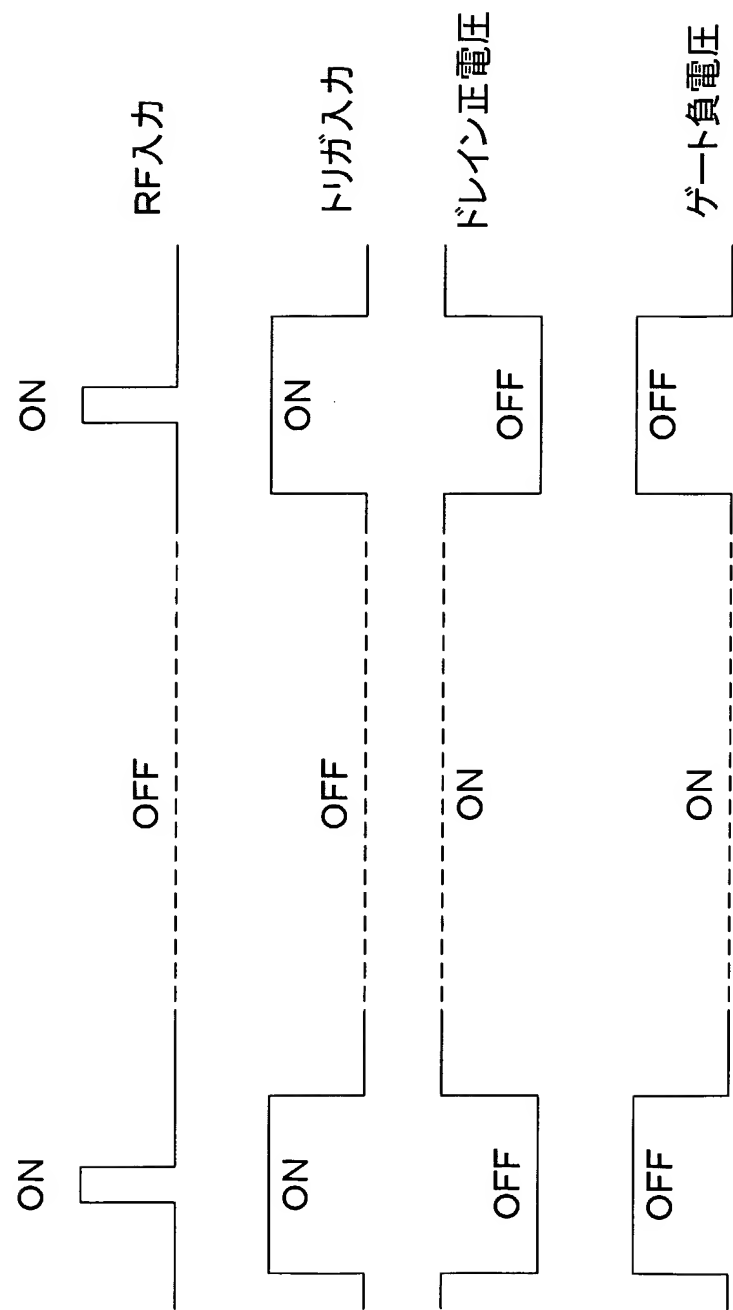


図2



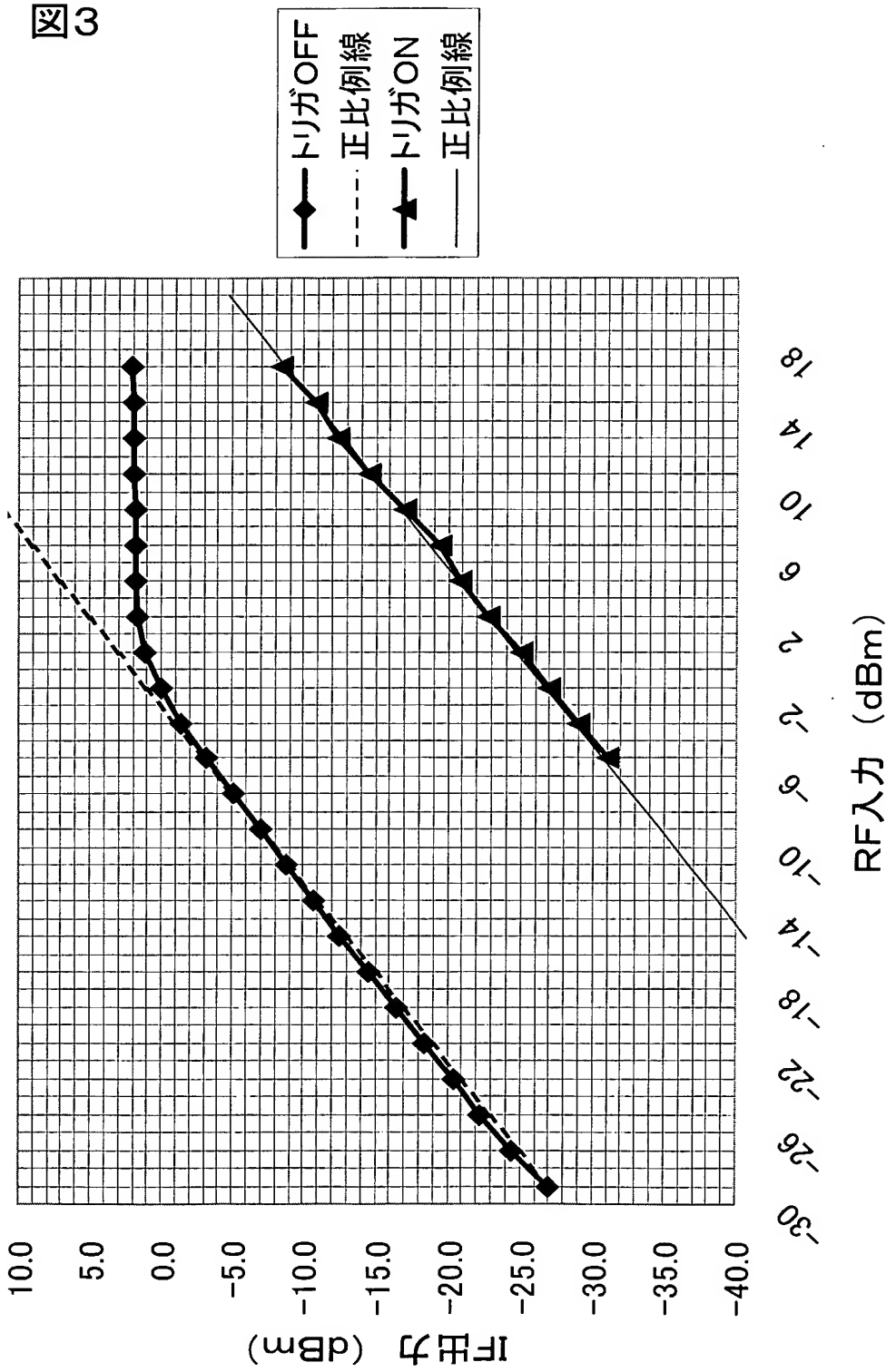
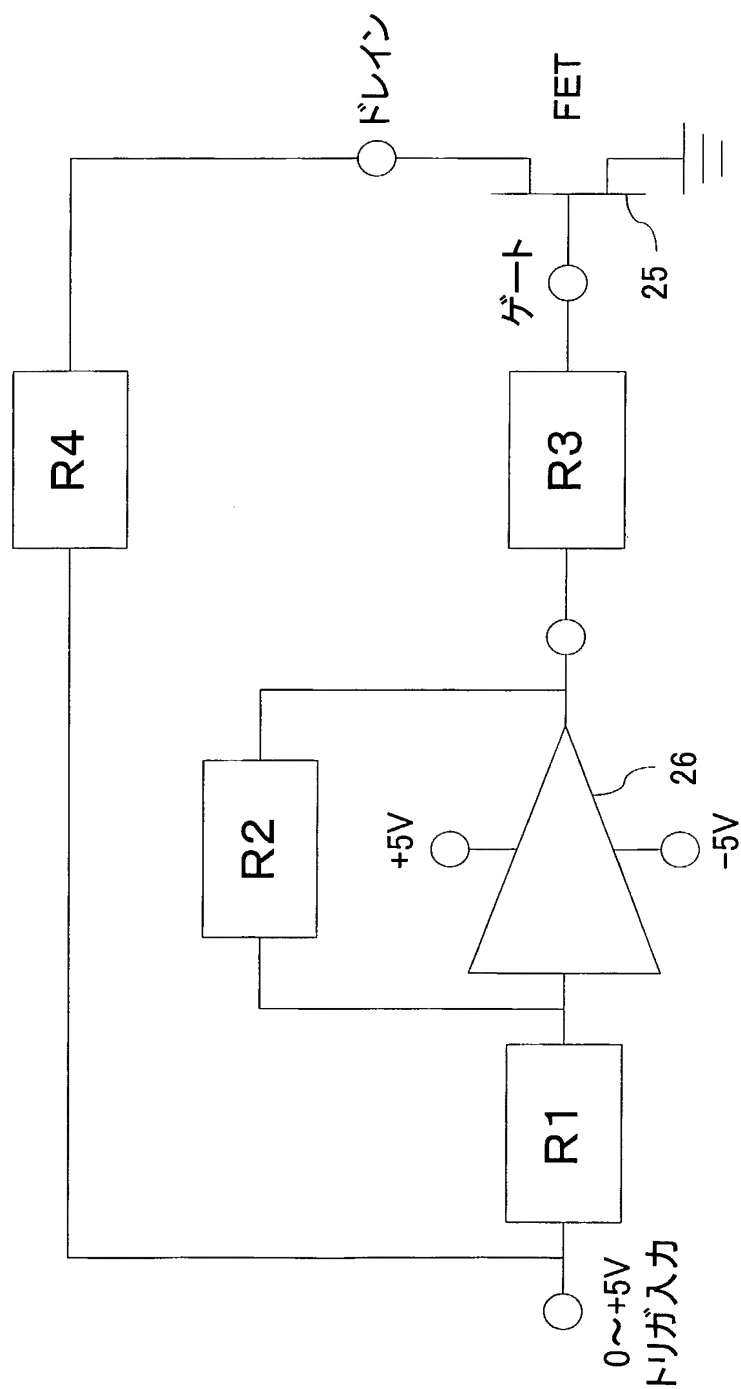


図4



トリガ電圧値に対する変換利得

図5

—◆— -10dBm入力

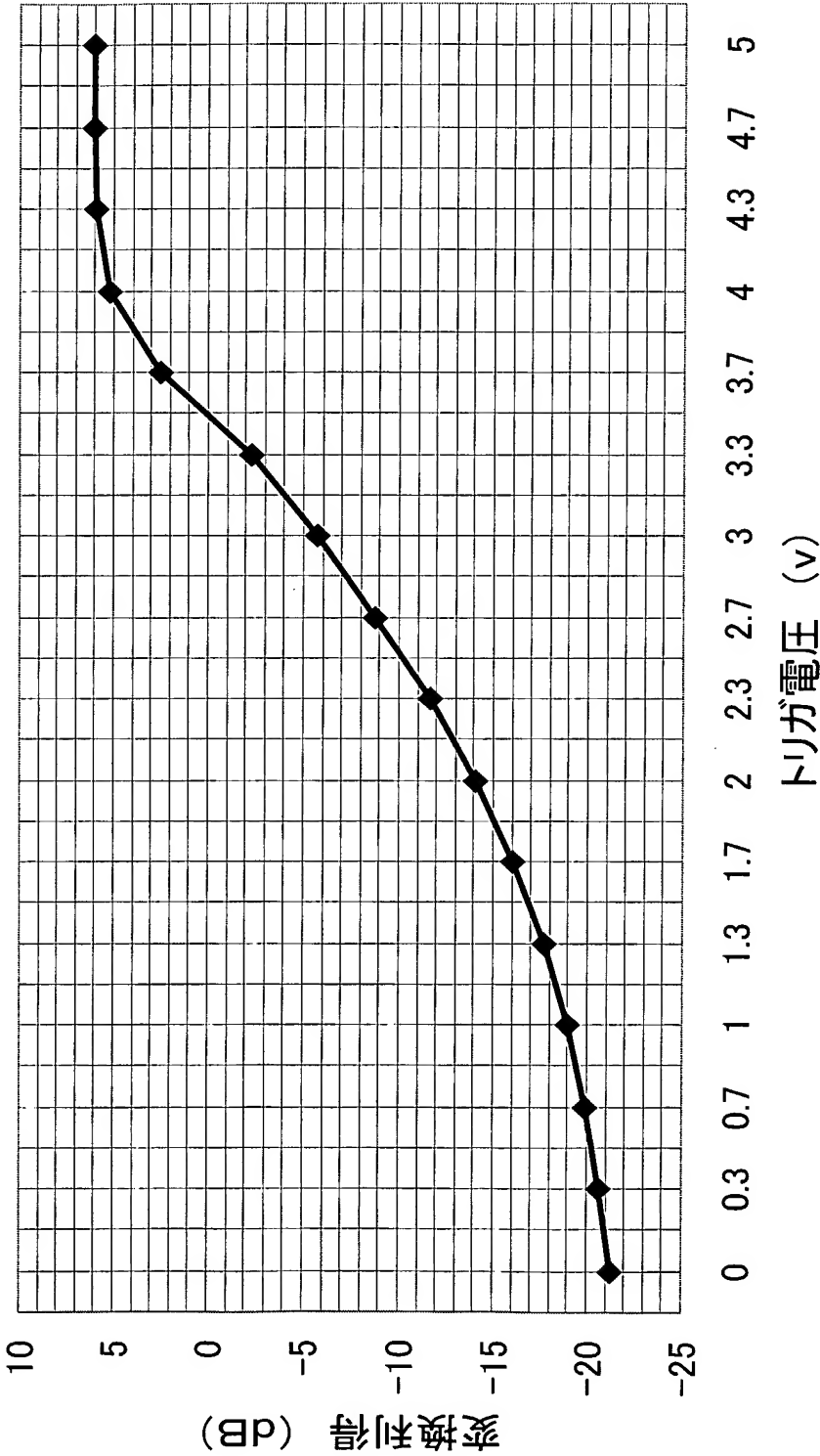




図6

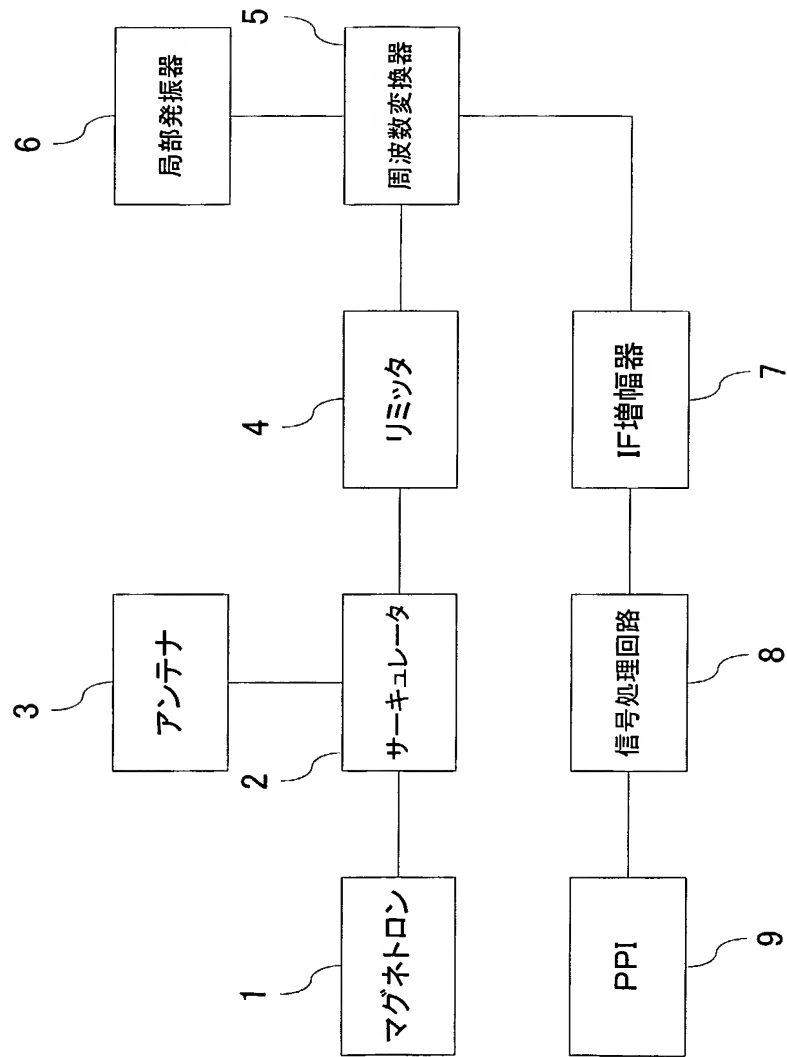


図7

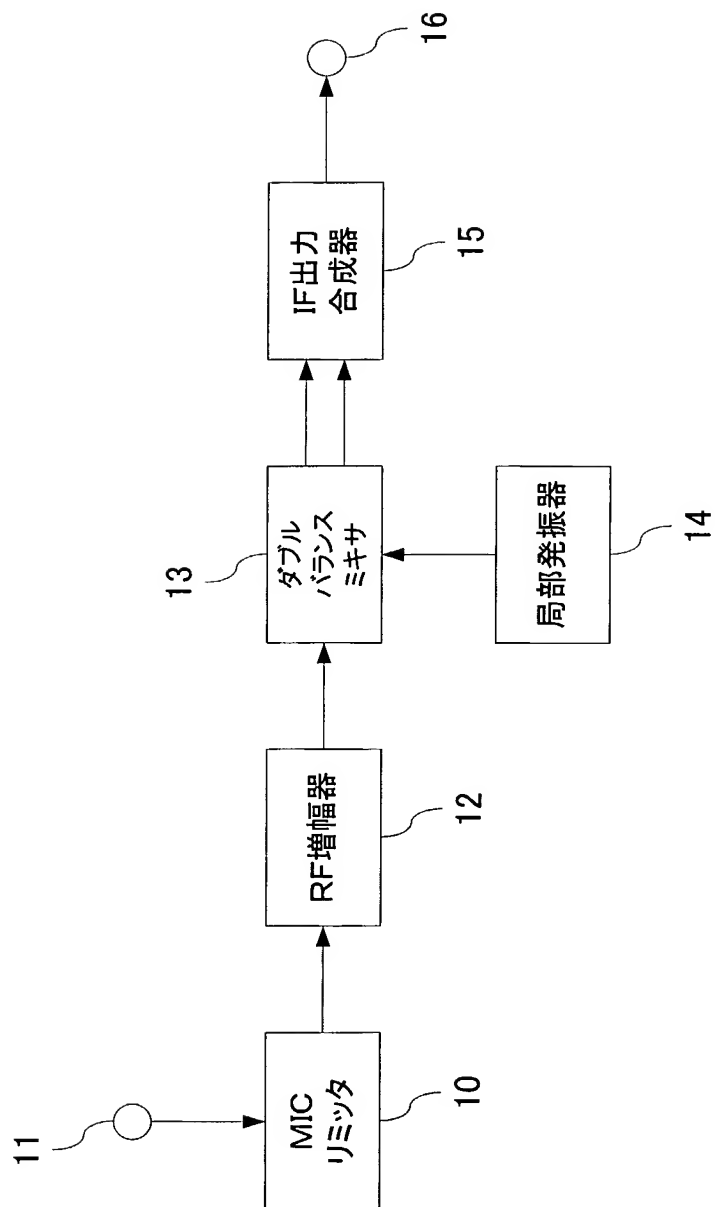


図8

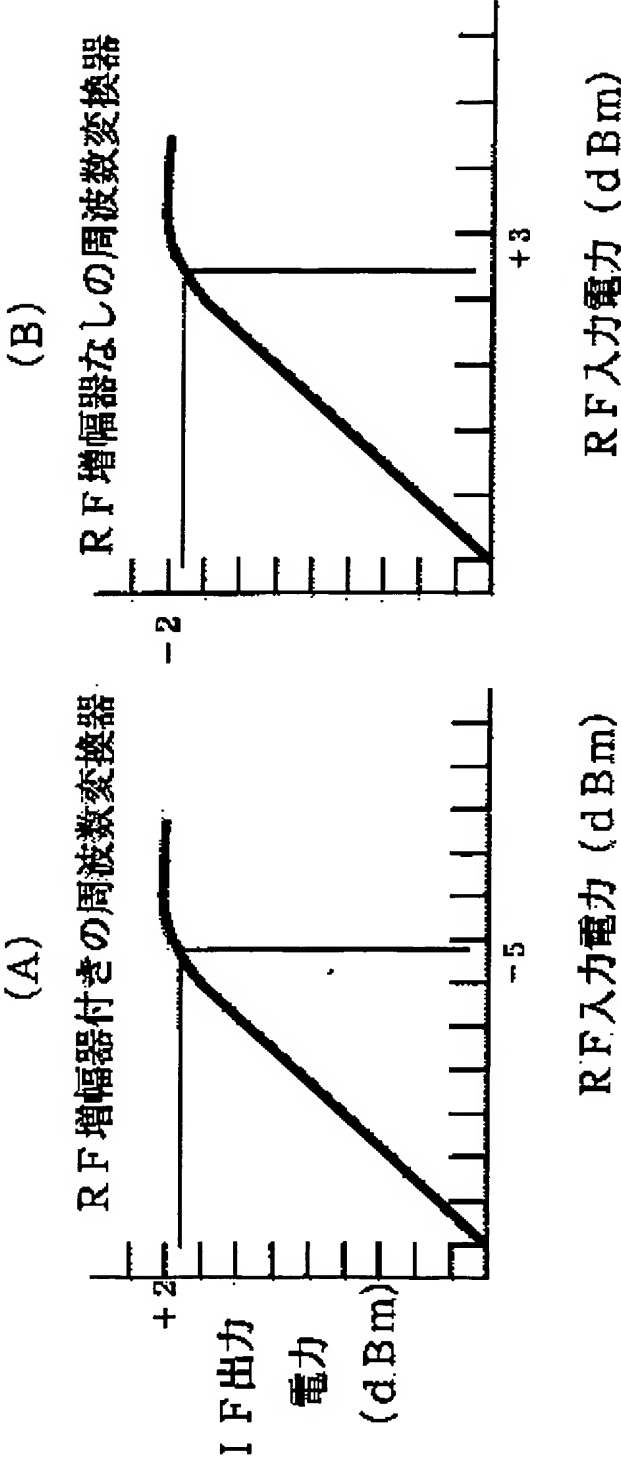


図9

